

Respuesta agronómica del maíz, variedad Tusón, en diferentes épocas de siembra y densidad poblacional (Original)

Agronomic response of corn, Tusón variety, at different planting times and population density (Original)

Elio Lescay Batista. Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias Agrícolas. Investigador Titular.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Bayamo. Granma. Cuba.

lescaybatistaelio@gmail.com 

Dariel Molinet Salas. Ingeniero Agrónomo. Máster en Ciencias Agrícolas. Investigador Auxiliar.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov. Bayamo. Granma. Cuba.

dariel@dimitrov.cu 

Recibido: 05-04-2024/Aceptado: 25-04-2024

Resumen

El maíz es un cereal de gran importancia para la nutrición humana y animal a nivel mundial. Se cultiva en más de 70 países con un rendimiento promedio alrededor de 5 t ha⁻¹. En Cuba se produce en todas las provincias, pero el rendimiento promedio es de 2,25 t ha⁻¹. En tal sentido, se desarrolló una investigación en un suelo fersialítico perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios Ignacio Pérez Zamora, en el municipio Bayamo, con el objetivo de determinar la influencia de la época de siembra y la distancia entre plantas en la respuesta agronómica del maíz, variedad Tusón. Se utilizaron parcelas de 18 m², distribuidas en un diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro réplicas. Se evaluaron 16 variables morfoagronómicas, cuyos datos fueron procesados estadísticamente mediante el análisis de las componentes principales; el análisis de varianza factorial y la comparación múltiple de medias se realizó por la

prueba de Tukey para $p \leq 0,05$. Los resultados mostraron que las tres primeras componentes explicaron el 80,12 % de la variación total; se determinaron las variables de mayor contribución, de las cuales, el 72,7 % mostró diferencias significativas entre las campañas.

Palabras clave: distancia entre plantas; época; genotipos; rendimiento; variables.

Abstract

Corn is a cereal of great importance for human and animal nutrition worldwide. It is cultivated in more than 70 countries with an average yield of around 5 t ha⁻¹. In Cuba it is produced in all provinces but the average yield is 2, 25 t ha⁻¹. In this sense an investigation was carried out with the objective of determining the influence of the season of sowing and the distance between plants in the agronomic response of corn, Tusón variety. Plots of 18 m² were used, distributed in a random block design with four treatments and four replications; 16 morphoagronomic variables were evaluated, whose data were statistically processed using principal components analysis, factorial variance analysis, and multiple comparisons of means was performed using the Tukey test for $p \leq 0.05$. The results showed that the first three components explained 80,12% of the total variation; the variables with the greatest contribution were determined, which 72,7% showed significant differences between the campaigns.

Keywords: distance between plants; season; genotypes; yield; variables.

Introducción

El maíz tiene una gran importancia histórica, económica y social (Sangoquiza et al., 2021). Es muy importante tanto para consumo humano como animal; por eso, millones de hectáreas son destinadas, en diferentes partes del mundo, a producir este cultivo (Callava, 2020). En el 2018, se destinaron aproximadamente 195 millones de hectáreas en 171 países, con una

producción de 1 148 millones de toneladas a nivel mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2020).

Blanco et al. (2021) consideran que: "Debido a sus propiedades nutricionales, es un alimento que contiene muchos carbohidratos y por su extrema adaptabilidad se ha convertido en el alimento de más producción a nivel mundial" (p.2).

En Cuba, actualmente se cultiva en todas las provincias del país en dos épocas de siembra: en primavera-verano, a partir del mes de marzo y en otoño-invierno, a partir del mes septiembre. Acosta et al. (2013, citado por Pérez et al., 2019) afirman que: "Abarca una superficie entre 77 000 y 100 000 hectáreas, destacándose las provincias de las regiones centrales y orientales con las mayores extensiones" (p.2). A pesar de los esfuerzos realizados por la agricultura para elevar el rendimiento en el cultivo, este presenta 2,25 t ha⁻¹ a nivel nacional y 1,6 t ha⁻¹ en la provincia Granma (Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI), 2021).

Andrade (1996, citado por Ávila, 2018) refiere que en el cultivo de maíz: "la densidad de plantas tiene importantes efectos en la aparición de materia seca entre las estructuras vegetales y reproductivas" (p. 11). El rendimiento de este cultivo presenta escasa estabilidad frente a variaciones en la densidad de plantas y es sumamente sensible a la disminución en la cantidad de recursos por planta, principalmente, en el periodo de la floración (Ávila, 2018).

En consecuencia, el ajuste de la densidad de plantas resulta especialmente crítico en este cultivo. La elección de la densidad es un factor importante de producción del cultivo de maíz al alcance del agricultor. Por tal motivo, resulta deseable, por parte de los agrónomos, definir las relaciones entre la cantidad de plantas logradas por unidad de superficie en un cultivo y su rendimiento para distintas situaciones de oferta ambiental (León et al., 2018).

En correspondencia con la problemática planteada, el objetivo del presente artículo es evaluar la respuesta agronómica del maíz, variedad Tusón, en diferentes épocas de siembra y densidad poblacional.

Materiales y métodos

En las campañas de primavera del año 2022 y de frío 2022-2023, se desarrolló una investigación sobre un suelo fersialítico (Hernández et al., 2019), perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Ignacio Pérez Zamora, ubicada en el municipio Bayamo, provincia Granma.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron dos factores con dos niveles cada uno: 1) Épocas de siembra: campañas de frío (CF) y primavera (CP); 2) Distancias entre plantas: tradicional (DT) y 0,20 m (D 0, 20) expresados en los siguientes tratamientos:

T1: CF-DT

T2: CF-D020

T3: CP-DT

T4: CP-D020

Desarrollo experimental

La preparación del suelo se realizó por el método tradicional. En los dos experimentos la separación entre surcos fue de 0.90 m. Los experimentos se sembraron en los meses de abril y septiembre de 2022, en parcelas formadas por cuatro surcos de cinco metros de largo para un área total de 18 m². Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro réplicas. Antes de la siembra, se fertilizó en el fondo de los surcos con humus de lombriz a razón de 5 t ha⁻¹.

Variables evaluadas

Después de la germinación, se seleccionaron 10 plantas al azar en el área de cálculo de cada parcela, a las cuales se les evaluaron las variables siguientes:

Días a la floración, días a la fructificación, días a la madurez fisiológica, altura de la planta (cm), altura de la mazorca (cm), diámetro del tallo (cm), número de mazorcas por planta, número de semillas por mazorca, longitud de la mazorca (cm), diámetro de la mazorca (cm), número de líneas por mazorca, peso de semilla por mazorca (g), número de semillas por planta, peso de semilla por planta (g), peso de 100 semillas (g) y rendimiento agrícola ($t\ ha^{-1}$).

Los datos climáticos en el área experimental se obtuvieron en el Centro Provincial de Meteorología en Granma, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de los datos climáticos en el área experimental

Campaña	Meses	Temperatura (°C)			Humedad Relativa %	Lluvia mm
		Máxima	Mínima	Media		
Primavera 2022	Abril	36,0	20,7	28,4	74	159,9
	Mayo	35,2	20,0	27,6	79	122,7
	Junio	35,8	19,9	27,9	80	96,2
	Julio	35,7	19,5	27,6	81	134,6
Frío 2022-2023	Septiembre	35,5	18,0	26,8	76,5	70,2
	Octubre	36,1	17,9	27,0	83,0	229,6
	Noviembre	34,8	19,2	27,0	79,5	0
	Diciembre	33,4	18,3	25,9	71,7	0

Fuente: elaboración propia.

La clasificación y caracterización química del suelo se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelos y Fertilizantes (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación y características químicas del suelo

Profundidad (cm)	PH KCL	MO (%)	P205 asimilable (ppm)	K₂O asimilable (mg/100g)
0 – 20	6,6	2,88	8,82	25,45
20 – 40	6,7	2,70	9,81	23,64

Fuente: elaboración propia.

El PH es ligeramente neutro lo cual se ajusta a los requerimientos del cultivo, mientras que el contenido de materia orgánica es mediano, muy bajo en el fósforo y alto en el potasio.

Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico de los datos se realizó a través del paquete Estadística (StatSoft). Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y la prueba de Bartlett, para determinar la distribución normal de los datos. Todos cumplieron con esta condición, por lo que no hubo necesidad de hacer ninguna transformación.

Como la base de datos estaba compuesta por variables expresadas en diferentes escalas, se realizó un análisis de las componentes principales (ACP) sobre la base de la matriz de correlaciones, para determinar las variables de mayor contribución a la varianza fenotípica total de la matriz de datos originales y desechar las variables con bajo aporte a la variación total. Seguidamente, se realizó un análisis de varianza de clasificación doble a las variables de mayor contribución a la variación total, para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en las variables objeto de estudio. La comparación múltiple de medias se realizó por la prueba de Tukey para $P \leq 0.05$.

Análisis y discusión de los resultados

El análisis de las componentes principales (tabla 3) mostró que las tres primeras componentes explicaron el 80,12 % de la varianza fenotípica total. La componente C1 contribuyó con un 46,47 % y estuvo caracterizada por las variables: días a la floración, días a la

fructificación, días a la madurez fisiológica, altura a la mazorca, número de mazorca por planta, peso de semillas por mazorca, número de semillas por planta y rendimiento.

La componente C2 tuvo una contribución de 22,17 % y estuvo representada por las variables: número de líneas por mazorca y peso de semillas por planta, mientras que la componente C3 mostró una contribución de 11,48 % y se caracterizó por la variable diámetro del tallo.

Tabla 3. Resultados del Análisis de Componentes Principales

Ejes principales	C1	C2	C3
Valores propios	6,64	3,04	1,89
Contribución a la variación total	46,47	22,17	11,48
% acumulado	46,47	68,64	80,12
Vectores propios			
Días a la floración	0,859799	-0,315234	-0,179711
Días a la fructificación	-0,794810	0,161058	0,192227
Días a maduración fisiológica	-0,923693	0,113963	0,041489
Altura de la planta	-0,290689	0,569675	0,391512
Altura a la mazorca	-0,683569	0,324452	0,021763
Diámetro del tallo	-0,083698	0,333114	0,709602
No. de mazorca por planta	-0,860048	0,155851	0,064004
Longitud de la mazorca	0,472075	-0,397093	0,560966
Diámetro de la mazorca	0,589381	-0,385828	0,518013
No. de líneas por mazorca	0,124306	-0,700196	0,476577
No. semillas por mazorca	-0,603881	-0,648569	-0,211381
Peso semilla por mazorca	-0,712269	-0,638092	-0,135319
Número semilla por planta	-0,899447	-0,114372	-0,020701
Peso semilla por planta	-0,530383	-0,727420	-0,156670
Peso de 100 semillas	-0,484206	-0,121132	0,183466
Rendimiento	-0,775379	-0,279441	0,482347

Fuente: elaboración propia.

En las componentes C1 y C2, las variables de mayor contribución mostraron el mismo signo, lo cual indica que se relacionaron de forma positiva entre ellas, excepto la variable días a la floración que se correlacionó negativamente con el resto de las variables en la componente C2.

Bidogza et al. (2009, citados por Tirado et al., 2021):

Según Zou y Xue (2018) indican que el ACP es una técnica multivariada ampliamente utilizada para la reducción de dimensiones a un conjunto pequeño de variables no correlacionadas llamadas CP. Un conjunto pequeño de variables no correlacionadas es mucho más fácil de entender y usar en el AC que un conjunto mayor de variables correlacionadas. (p.3)

Las variables que están más correlacionadas con las primeras componentes son más importantes para explicar la variabilidad total de la matriz básica de datos originales y las variables de poca contribución pueden ser eliminadas para simplificar el análisis (Kassambara, 2017).

El análisis de varianza (tabla 4) arrojó diferencias significativas entre las campañas de siembra en las variables DF, DAM, DMF, AM, NMP, PSM y el NSP. La interacción C*D solo mostró diferencia estadística en el rendimiento. Los niveles evaluados en el factor distancia entre plantas, no influyeron en las respuestas de las distintas variables.

Las variaciones en la fecha de siembra afectan de manera importante el crecimiento y desarrollo del cultivo, ya que colocan a las distintas etapas de generación del rendimiento bajo diferentes condiciones de radiación, temperatura y precipitaciones (Castellarín et al., 2009; Hernández & Soto, 2012, citados por Hernández et al., 2015, p.87).

Tabla 4. Cuadrados medios del análisis de varianza en las variables de mayor contribución (%) a la variación fenotípica total

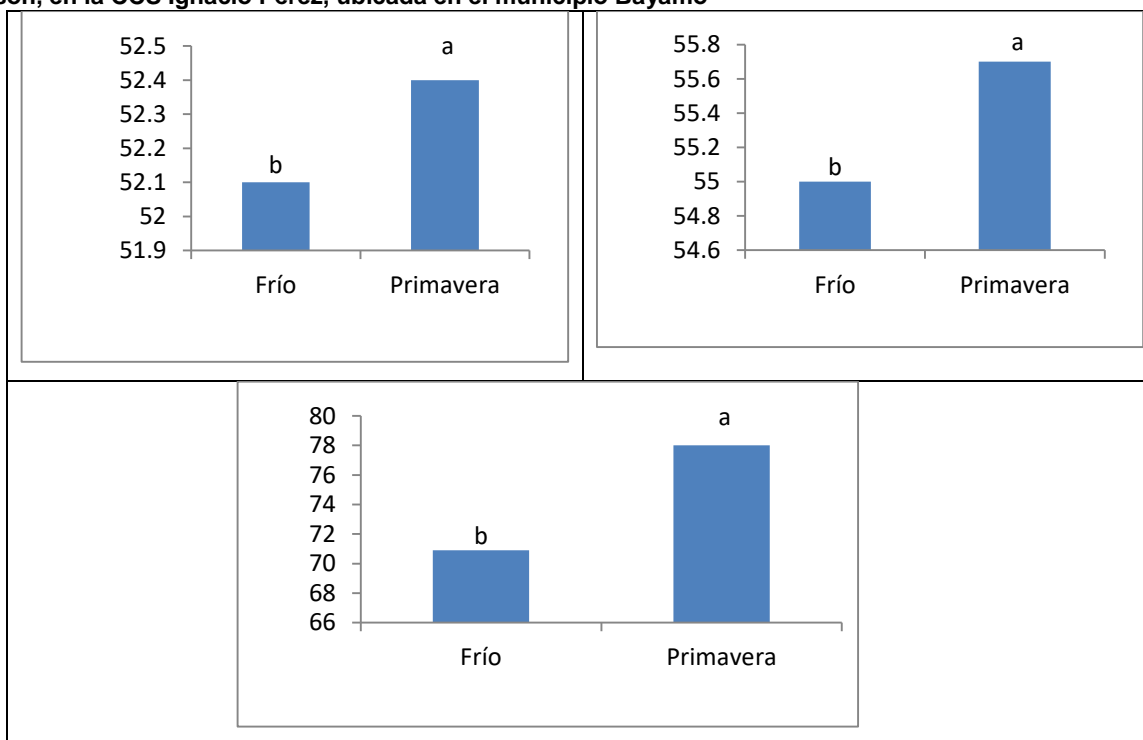
FV	DF	DAM	DMF	AM	NMP	PSM	NSP	NLM	PSP	DT	R
C	1,82*	1,79*	200,9*	1823,3*	0,0506*	163,4*	16096*	0,010	96,9	0,0006	0,357*
D	0,02	0,24	0,14	51,1	0,0006	0,1	3	0,010	5,7	0,0001	0,0011
C*D	0,02	0,26	0,11	1,2	0,0006	0,1	405	0,090	5,5	0,003	0,7439*
ESx	0,02	0,08	0,10	94,1	0,0023	29,1	740	0,143	42,3	0,007	0,0251

Leyenda: FV: fuentes de variación, C: campaña, D: distancias entre plantas, C*D: Interacción, DF: días a la floración, DAM: días a la aparición de la mazorca, DMF: días a la maduración fisiológica, AM: altura a la mazorca, NMP: número de mazorcas por planta, PSM: peso de semilla por mazorca, NSP: número de semillas por planta, NLM: número de líneas por mazorca, PSP: peso de semilla por planta, DT: diámetro del tallo, R: rendimiento.

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se muestra que las variables fenológicas días a la floración, días a la aparición de la mazorca y días a la madurez fisiológica, reflejan que los promedios logrados en la campaña de primavera fueron significativamente superiores a los alcanzados en la campaña de frío.

Figura 1. Efecto de la campaña de siembra en algunas variables fenológicas en el cultivo de maíz, variedad Tusón, en la CCS Ignacio Pérez, ubicada en el municipio Bayamo



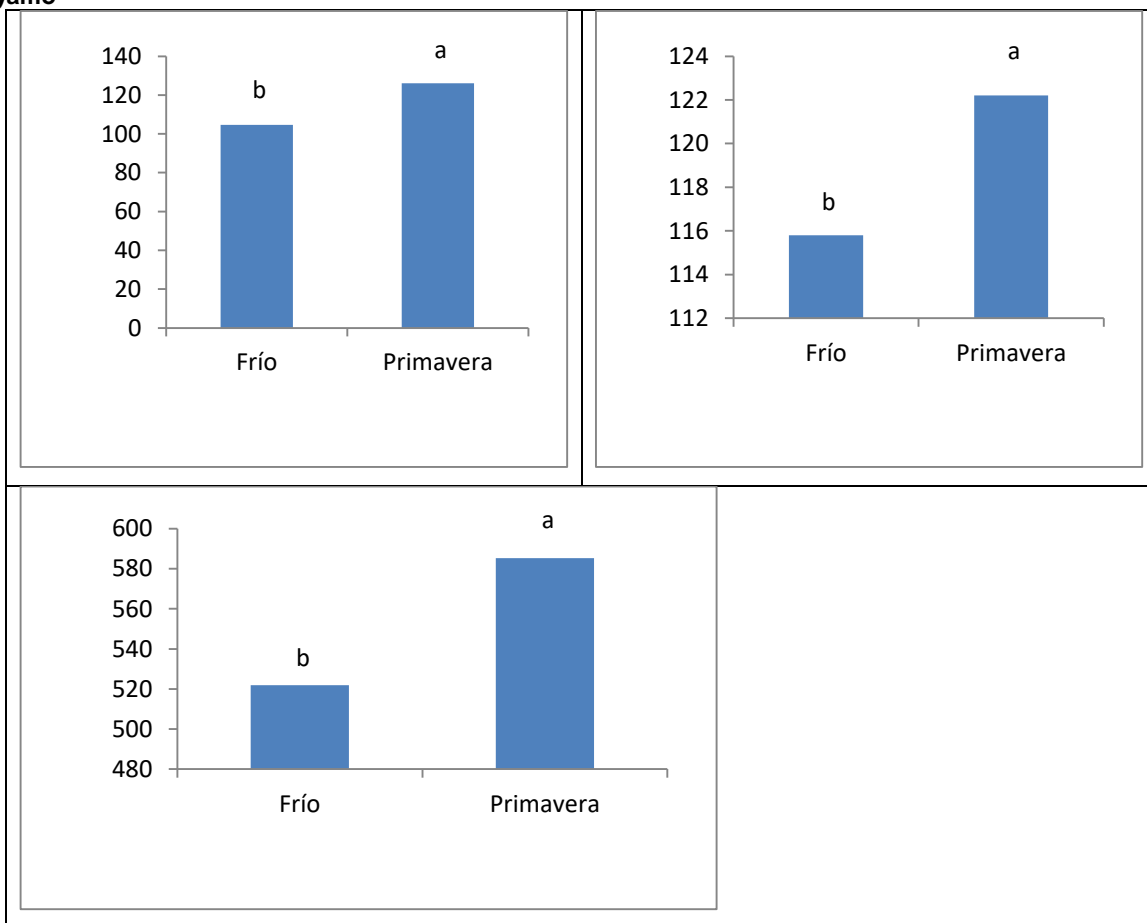
Leyenda: barras con letras desiguales difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

Fuente: elaboración propia.

En el número de mazorca por planta, peso de semillas por mazorca y número de semillas por planta (Figura 2), los valores alcanzados en la campaña de primavera superaron estadísticamente a los obtenidos en la campaña de frío. Esto puede deberse a que en esta primera campaña el cultivo resultó favorecido por una mayor ocurrencia de las lluvias. Esto lo reafirman Bolaños y Edmeades (1993, citados por Gordon, 2021) al establecer que:

El efecto del agua sobre la producción de maíz en las zonas tropicales es determinante; ya que su carencia durante la etapa de crecimiento puede marchitar las plantas jóvenes y reducir la densidad de población, así como reducir el número de mazorcas por planta. (p. 20)

Figura 2. Efecto de la época de siembra en el número de mazorca por planta, peso de semilla por mazorca y número de semillas por planta en la variedad de maíz Tusón en la CCS Ignacio Pérez en el municipio Bayamo



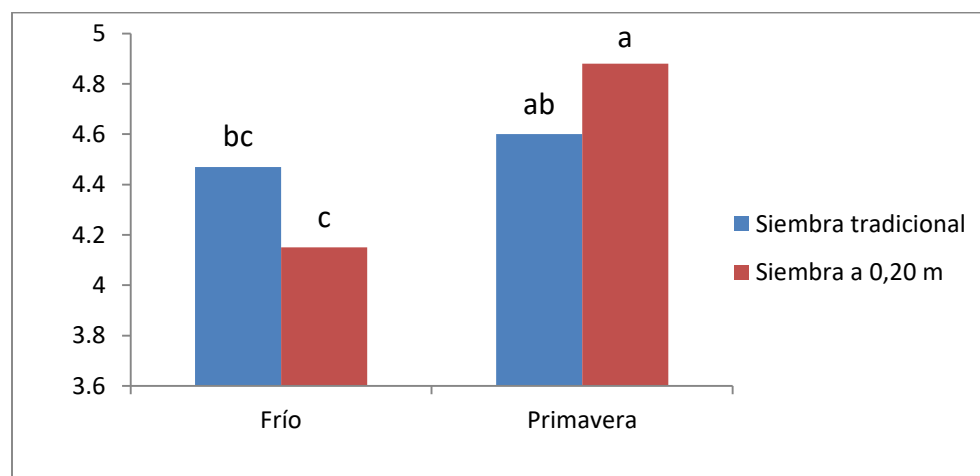
Legenda: barras con letras desiguales difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al rendimiento, no hubo diferencias significativas entre las distancias entre plantas en ninguna de las campañas evaluadas (Figura 3). El rendimiento en la siembra de primavera, a la distancia de 0,20 m, superó significativamente al alcanzado en la campaña de frío en ambas distancias. También se observa superioridad estadística del valor expresado en la siembra tradicional en la campaña de primavera, respecto al rendimiento obtenido en la distancia de 0,20 m en la campaña de frío. En la siembra tradicional el rendimiento no mostró diferencias significativas entre las dos campañas.

En sentido general, el rendimiento fue favorecido en la campaña de primavera, lo cual puede deberse a una mayor ocurrencia de precipitaciones, pues según Sah et al. (2020) el maíz es muy sensible al estrés hídrico y ante una escasez de agua, el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado.

Figura 3. Respuesta del rendimiento de la variedad de maíz Tusón en dos campañas y dos distancias entre plantas en la CCS Ignacio Pérez Zamora, en el municipio Bayamo, provincia Granma



Leyenda: barras con letras desiguales difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey para $p \leq 0,05$.

Fuente: elaboración propia.

Blanco y González (2021), en la evaluación de tres densidades de población en el cultivo del híbrido HST-3235 de maíz, encontraron que la densidad de mayor población (88 888 plantas ha^{-1}) presentó el mayor rendimiento.

Conclusiones

1. El 72,7% de las variables de mayor contribución (%) a la variación fenotípica total mostraron mejor comportamiento en la campaña de primavera.
2. Los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de las variables fenológicas evaluadas fueron superiores en la campaña de primavera.

Referencias bibliográficas

- Ávila, A. A. (2018). *Maíz tardío, análisis de dos factores que afectan el rendimiento : densidad y genotipo* [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/1777>
- Blanco, Y., Cartaya, O. E., Castro, I. & Espina, M. (2021). Efecto de la aplicación de un bioproducto en etapas tempranas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(4), e10. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n4/1819-4087-ctr-42-04-e10.pdf>
- Blanco, Y. & González, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3), e08. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n3/1819-4087-ctr-42-03-e08.pdf>
- Callava, S. A. (2020). *Caracterización morfológica y selección de diferentes genotipos de maíz (Zea mays L.)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Sur]. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/5235/Callava%20Tiznado%20c%20Sofia%20Trabajo%20de%20Intensificaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gordon, R. (2021). *El maíz en Panamá: características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática*. Instituto de Innovación

Agropecuaria de Panamá.

https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/manual_tecnico_el_maiz_en_panama.pdf

Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Castro, N. (2019). La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1).

<https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504/2622>

Hernández, N., Soto, F. & Plana, R. (2015). Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. *Cultivos Tropicales*, 36(1), 86-92. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v36n1/ctr11115.pdf>

Kassambara, A. (2017). *Practical guide to principal component methods in R: PCA, M (CA), FAMD, MFA, HCPC, factoextra*. STHDA. <https://www.datanovia.com/en/wp-content/uploads/dn-tutorials/book-preview/principal-component-methods-in-r-preview.pdf>

León, R., Torres, A., Ardisana, E.H., Fosado, O., Beliz, F. & Pin, W. (2018). Comportamiento productivo del maíz híbrido Agri-104 en diferentes sistemas, densidades de siembra y riego localizado. *Revista Espamciencia para el agro*, 9(2), 124-130.
http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/163/171

Oficina Nacional de Estadística e Información. (ONEI). (2021). *Anuario Estadístico Granma 2020*. Edición 2021.

https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/anuario_2020_ver2021_1YMhjjw.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (FAO). (2020). *Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales.*

<https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es>

Pérez, Y., Rosales, P.R., Menéndez, D.C. & Falcón, A. (2019). Aplicación combinada de quitosano y HMA en el rendimiento de maíz. *Cultivos Tropicales*, 40(4).

<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n4/1819-4087-ctr-40-04-e06.pdf>

Sah, R.P., Chakraborty, M., Prasad, K., Pandit, M., Tudu, V.K., Chakravarty, M.K., Narayan, S.C., Rana, M. & Moharana, D. (2020). Impact of water deficit stress in maize:

Phenology and yield components. *Scientific Reports*, 10(1), 29-44. DOI: 10.1038/s41598-020-59689-7

Sangoquiza, C. A., Viera, Y., Yáñez, C. F. & Zambrano, J. L. (2021). Efecto del estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de maíz variedad “Tayuyo” en condiciones *in vitro*.

Centro Agrícola, 48(2), 14-23. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n2/0253-5785-cag-48-02-14.pdf>

Tirado, R.H., Mendoza, J., Tirado, R. & Tirado, R. (2021). Análisis multivariado para caracterizar y tipificar fincas productoras de papa (*solanum tuberosum* L.) en Cutero, Cajamarca, Perú. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, 106.

<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/3744/1677>